


# PROJECTION OPTICAL SYSTEM, ALIGNER, AND EXPOSURE METHOD

**Publication number:** JP2004335746 (A)

**Also published as:**

**Publication date:** 2004-11-25

 JP4366990 (B2)

**Inventor(s):** IKEZAWA HIRONORI; OMURA YASUHIRO; NISHIYAMA MICHIKO +

**Applicant(s):** NIPPON KOGAKU KK +

**Classification:**

**- international:** G02B13/24; G03F7/20; H01L21/027; G02B13/24; G03F7/20; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/027; G02B13/24; G03F7/20

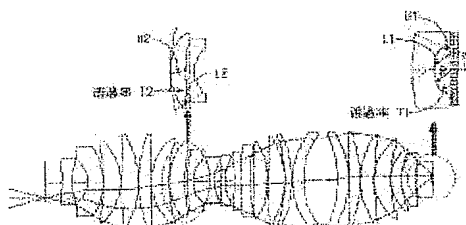
**- European:** G03F7/20T16

**Application number:** JP20030129780 20030508

**Priority number(s):** JP20030129780 20030508

## Abstract of JP 2004335746 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a projection optical system which has little aberration and has no degradation in imaging performance when it is used in a liquid-immersed state, and also to provide an exposure apparatus and an exposure method. ; **SOLUTION:** The projection aligner which can be used in a liquid-immersed state is so structured as to satisfy a formula  $1 < R/Y < 7$ , where R is the curvature radius of a lens surface closest to a substrate of the projection aligner and Y is the maximum height of an image projected on a photosensitive surface. In the case that a liquid for liquid immersion absorbs light, part of a glass material used in the projection aligner is formed of one having a low transmissivity, and a distance that a light beam having a long optical path in the liquid travels in the glass material having a low transmissivity is made short while a distance that a light beam having a short optical path in the liquid travels in the glass material having a low transmissivity is made long. ; **COPYRIGHT:** (C) 2005,JPO&NCIPI



Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-335746

(P2004-335746A)

(43) 公開日 平成16年11月25日(2004.11.25)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

H01L 21/027

G02B 13/24

G03F 7/20

F I

H01L 21/30

G02B 13/24

G03F 7/20

515D

521

テーマコード(参考)

2H087

5F046

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2003-129780 (P2003-129780)  
(22) 出願日 平成15年5月8日(2003.5.8)(71) 出願人 000004112  
株式会社ニコン  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
(72) 発明者 池沢 弘範  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内  
(72) 発明者 大村 泰弘  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内  
(72) 発明者 西山 道子  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内Fターム(参考) 2H087 KA21 LA01 PA15 PA17 PB20  
QA03 QA06 QA19 QA22 QA25  
QA26 QA37 QA41 QA45 UA09  
5F046 BA03 CB01 CB25 DA12

(54) 【発明の名称】 投影光学系、露光装置及び露光方法

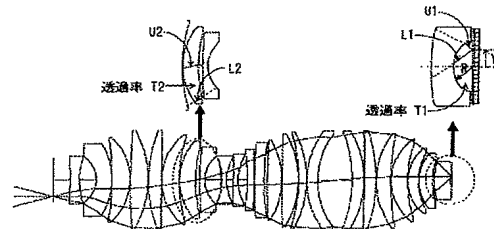
(57) 【要約】

【課題】 投影光学系を液浸状態で使用した場合において、収差が少なく、結像性能を劣化させることのない投影光学系、露光装置及び露光方法を提供する。

【手段】 液浸可能な投影露光装置において、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面の曲率半径Rとし、前記感光面に投影される最大像高をYとした場合に、 $1 < R/Y < 7$ を満たすように形成し収差を低減させる。

又、液浸の液体が光を吸収する場合、投影光学系に用いられる硝材の一部を透過率の低い硝材により形成し、液体中を透過する距離が長い光路の光線は、透過率の低い硝材内を透過する距離を短くし、液体中を透過する距離の短い光路の光線は、透過率の低い硝材内を透過する距離を長くなるよう形成される。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

原版上に描画されたパターンを基板の感光面に転写する投影光学系を有し、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間の空間に、所定の液体を挿入する液浸可能に形成された投影露光装置において、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面の曲率半径を  $R$  とし、前記基板の感光面に投影される最大像高を  $Y$  とした場合に、

$$1 < R/Y < 7$$

を満たすように形成されたことを特徴とする投影露光装置。

## 【請求項 2】

原版上に描画されたパターンを基板の感光面に転写する投影光学系を有し、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間の空間に、所定の液体を挿入する液浸可能に形成された投影露光装置において、前記投影光学系に用いられる硝材の全部或いは一部を光吸収のある硝材により形成し、前記液体中を透過する光線の一つが前記光吸収のある硝材内を透過する距離を前記一つの光線よりも前記液体中を透過する距離の長い他の光線が前記光吸収のある硝材内を透過する距離よりも、短くしたことを特徴とする投影露光装置。

## 【請求項 3】

原版上に描画されたパターンを基板の感光面に転写する投影光学系を有し、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間の空間に、所定の液体を挿入する液浸可能に形成された投影露光装置において、前記基板の感光面に投影される最大像高となる位置に像を結像するための光路のうち、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間における光路長の最も短い光路が、前記原版から前記基板までの間にたどる投影光学系内の光路における光の吸収率を  $KU$  とし、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間における光路長の最も長い光路が、前記原版から前記基板までの間にたどる投影光学系内の光路における吸収率を  $KL$  とした場合、前記投影光学系に用いられる硝材の全部或いは一部を光吸収のある硝材により形成し、前記液体中を透過する距離の短い光路をたどる光線が、前記光吸収のある硝材内を透過する距離を長くし、前記液体中を透過する距離が長い光路をたどる光線が、前記光吸収のある硝材内を透過する距離を短くすることにより、

$$0.8 < KU/KL < 1.25$$

を満たすように形成されたことを特徴とする投影露光装置。

## 【請求項 4】

請求項 3 に記載された投影露光装置において、前記空間内に浸される液体媒体の単位あたりの透過率を  $T1$  とし、前記基板の感光面に投影される最大像高となる位置に像を結像するための光路のうち、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間における光路長が、最も短い光路の距離を  $U1$  とし、最も長い光路の距離を  $L1$  とし、投影光学系内の光吸収のある硝材の単位あたりの透過率を  $T2$  とし、前記最も短い光路の距離  $U1$  をたどる光線が前記硝材内を通過する長さを  $U2$  とし、前記最も長い光路の距離  $L1$  をたどる光線が前記硝材内を通過する長さを  $L2$  とした場合、べき乗を  $\wedge$  で表すと、

$$0.8 < \{1 - (T1 \wedge U1) * (T2 \wedge U2)\} / \{1 - (T1 \wedge L1) * (T2 \wedge L2)\} < 1.25$$

を満たすように形成されたことを特徴とする投影露光装置。

## 【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の投影露光装置を用いて露光する方法において、前記原版を所定の露光光で照明する照明工程と、前記投影光学系を介して前記原版のパターン像を前記基板の感光面に露光する露光工程とを含むことを特徴とする露光方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、原版上に描画されたパターンを基板上に焼付転写する投影光学系を有する投影露光装置及び露光方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、感光性基板としてウエハに転写されるパターンの微細化が望まれている。これを達成するためには、露光波長の短波長化を図るか、投影光学系の開口数の増大化を図るかの2つの方法が考えられる。従来より、これらのうち、投影光学系の開口数の増大化を図る方法の一つとして、液浸式の投影露光装置が提案されている。液浸式の投影露光装置は、投影光学系の最もウエハ側のレンズ面とウエハとの空間、すなわち、作動距離（ワーキングディスタンス）の空間（以後、作動空間と呼ぶ。）の全部又はウエハ側の空間部分を水、油等の液体で満たす装置である。通常使用時の動作空間を占める空気の屈折率が1.0であるのに対し、例えば、油の屈折率は約1.6である。このため、作動空間の全部又はウエハ側の空間部分をこのような屈折率の高い液体に置換すれば、投影光学系のウエハ側の開口数を大きくし、露光パターンの微細化を図ることができる。 10

## 【0003】

【特許文献1】特開2000-58436

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の液浸式の投影露光装置においては、作動空間の全部を屈折率の高い液体に置換した場合、投影光学系の最もウエハ側にあるレンズの屈折率の値と液体の屈折率との値が同じであれば問題はないが、一般に、レンズ硝材の屈折率の値と液浸に使用する液体の屈折率との値とは異なっており、この屈折率の差により光が屈折し収差が発生する。

ところで、一般に液浸式の光学系は、レンズから出射した光が空気中で結像することを前提としおらず、液体中において結像することを目的としている。よって、通常の空気中で使用した場合とは発生する収差は異なる。 20

## 【0005】

このような液浸式光学系で収差が発生した場合には、補正することが可能であるが、レンズの形状によっては補正で解消することができない場合があり、この場合、レンズの大型化を余儀なくされるといった問題点があり、この問題点を解決することが課題となる。

また、一般的に液浸式の投影光学系では、これに用いられているレンズにおける光の透過率と、液浸のために用いられている液体における光の透過率が異なる場合が多い。特に短波長領域ではこの傾向が顕著であり、ArFに代表されるエキシマ光のような真空紫外光においては、レンズの硝材の透過率が高いが、液浸用に用いられる液体は、光を吸収するため透過率は硝材と比べて低い。 30

## 【0006】

このため、ウエハ上で結像される光線の光路が異なると、液体中における光の吸収量が異なり、結像性能に悪影響を与えるといった問題点がある。即ち、ウエハ上で結像される光線は、レチクル上の一点を起点とした光線が投影光学系を通り、ウエハ上の一点に集光されるが、この投影光学系を通過する光線は、投影光学系内において同一の光路をたどるのではなく、様々な光路をたどった光線がウエハ上にて集光し結像する。このため、液浸用の液体が光を吸収する場合、光線のたどった光路によって、液体を通過する距離も異なり、各々の光線の透過量も異なる。これにより、光線のたどった光路の相違により光の強弱が生じ、結像性能に悪影響を与えてしまうのである。 40

具体的に図3に基づき説明すると、最大像高の位置に結像される光線のうち、液浸用の液体中を通過する光路長が、最も短い距離U1と最も長い距離L1とでは、液体中を通過する距離が大きく異なる。この液体が光を吸収する場合、各々の光線の強さに強弱が生じてしまい、結像性能を劣化させる。このため、結像性能の劣化を防ぐことが課題となる。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決するためになされたものである。すなわち、請求項1に係る発明は、原版上に描画されたパターンを基板の感光面に転写する投影光学系を有し、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間の空間に、所定の液体を挿入する液浸可能に形成された投影露光装置において、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面の曲率半径をRとし、前記基板の感光面に投影される最大 50

像高を $Y$ とした場合に、 $1 < R/Y < 7$

を満たすように形成されたことを特徴とする投影露光装置である。

ここで、液浸とは、投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記感光面との空間部分を液体で満たすことをいう。

また、最大像高 $Y$ は、感光面上において結像中心から最も離れた結像位置までの距離を示す。この最大像高は当該投影露光装置固有の値であり、収差等の悪影響を受けることなく結像可能な、結像中心からの最大の距離を意味する。このため、この値が小さくなりすぎると、一回の露光面積が狭くなり、生産効率を著しく低下させ、生産装置としての意義を失ってしまう。

#### 【0008】

請求項2に係る発明は、原版上に描画されたパターンを基板の感光面に転写する投影光学系を有し、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間の空間に、所定の液体を挿入する液浸可能に形成された投影露光装置において、前記投影光学系に用いられる硝材の全部或いは一部を光吸収のある硝材により形成し、前記液体中を透過する光線の一つが前記光吸収のある硝材内を透過する距離を前記一つの光線よりも前記液体中を透過する距離の長い他の光線が前記光吸収のある硝材内を透過する距離よりも、短くしたことを特徴とする投影露光装置である。

これにより液浸用の液体が光を吸収する場合であっても、光路が相違した場合であっても各々の光線における光の吸収量を近づけることができ、基板の感光面上での結像性能の劣化を回避することができる。

#### 【0009】

請求項3に係る発明は、原版上に描画されたパターンを基板の感光面に転写する投影光学系を有し、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間の空間に、所定の液体を挿入する液浸可能に形成された投影露光装置において、前記基板の感光面に投影される最大像高となる位置に像を結像するための光路のうち、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間における光路長の最も短い光路が、前記原版から前記基板までの間にたどる投影光学系内の光路における光の吸収率を $KU$ とし、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間における光路長の最も長い光路が、前記原版から前記基板までの間にたどる投影光学系内の光路における吸収率を $KL$ とした場合、前記投影光学系に用いられる硝材の全部或いは一部を光吸収のある硝材により形成し、前記液体中を透過する距離の短い光路をたどる光線が、前記光吸収のある硝材内を透過する距離を長くし、前記液体中を透過する距離が長い光路をたどる光線が、前記光吸収のある硝材内を透過する距離を短くすることにより、

$0.8 < KU/KL < 1.25$

を満たすように形成されたことを特徴とする投影露光装置である。

#### 【0010】

請求項4に係る発明は、請求項3に記載された投影露光装置において、前記空間内に浸される液体媒体の単位あたりの透過率を $T1$ とし、前記感光面に投影される最大像高となる位置に像を結像するための光路のうち、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記感光面との間における光路長が、最も短い光路の距離を $U1$ とし、最も長い光路の距離を $L1$ とし、投影光学系内の光吸収のある硝材の単位あたりの透過率を $T2$ とし、前記最も短い光路の距離 $U1$ をたどる光線が前記硝材内を通過する長さを $U2$ とし、前記最も長い光路の距離 $L1$ をたどる光線が前記硝材内を通過する長さを $L2$ とした場合、

$0.8 < \{1 - (T1^{U1}) * (T2^{U2})\} / \{1 - (T1^{L1}) * (T2^{L2})\} < 1.25$

を満たすように形成されたことを特徴とする投影露光装置である。

ここで、 $*$ は積を意味し、 $^$ はべき乗を意味しており、 $(T1^{U1})$ は、 $T1$ の $U1$ 乗という意味である。

#### 【0011】

さらに、請求項5に係る発明は、請求項1乃至請求項4のいずれか一項に記載された投影

露光装置を用いて露光する方法において、原版を所定の露光光で照明する照明工程と、投影光学系5を介して原版のパターン像を基板の感光面に露光する露光工程とを含むことを特徴とする露光方法である。

#### 【0012】

##### 【発明の実施の形態】

図1、図2及び図3にて本発明による投影露光装置の実施例を説明する。図1は、本発明に係る投影露光装置を示す図である。

本実施の形態では、照明工程と露光工程とを含む露光方法において、原版であるレチクル3のパターン像を基板であるウエハ8の感光面8a上に結像する。すなわち、ArFエキシマレーザー光源等の光源1から発した光束は、照明光学系2を経て、レチクルステージ4上に載置された原版としてのレチクル3のパターン面を均一に照射する。レチクル3のパターン面から発した露光光は、投影光学系5を介して、XYステージ7上に載置されたウエハ8の感光面8a上に、レチクル3のパターン面の像を結像する。

XYステージ7上には、箱型の液体遮断板6が設置されている。図1では簡単のため、液体遮断板6の断面のみを示す。そして、液体遮断板6に囲まれた空間に、水、油等の液体を入れて、作動空間を液体とすることができる。本発明の投影露光装置を液浸状態で使用する場合、図1では破線部まで液体Bを入れることにより、ウエハ8と投影光学系5のウエハ8側の面との空間を全て液体で浸されることとなる。

#### 【0013】

ここで、図3における露光面で結像される最大像高をY（Yは感光面上において結像中心から最も離れた結像位置までの距離を示す。）、投影光学系の最も基板側のレンズ面の曲率半径Rとした場合に、

$$1 < R/Y < 7$$

を満たすように形成することにより、レンズを大型化することなく収差の補正を容易に行うことができる。

#### 【0014】

尚、 $R/Y$ が1以下の場合では、曲率半径よりも露光面で結像される最大像高さの方が大きくなり、収差を補正等で解消することは困難となる。特に、口径が大きく曲率半径に近い半径の凹レンズの場合、レンズを出射した光線の一部が再びレンズ内に入る場合があり、この場合結像性能は極端に劣化する。更に、曲率半径の小さいレンズでは、レンズと基板の空間内に短時間で液体を供給、排出させることが困難となり、スループットの低下を招き生産装置としての機能を害することとなる。又、 $R/Y$ が7以上の場合では、像面収差補正が困難となり、レンズ外径の大型化が必要となる。よって、レンズを大型化することなく生産装置としての機能を確保するためには、 $R/Y$ は上記範囲内にあることが必要となる。

特に、生産装置のスループットの向上という面により着目するならば、更に  $2 < R/Y < 7$  の範囲であることが望ましい。

また、投影光学系においては、光のたどる光路に関係なく、原版であるレチクル3から基板であるウエハ8の間において、光の吸収量をほぼ同一とすることにより、液浸に用いる液体の光の吸収により生じていた結像性能の劣化を解消するものである。具体的には、投影光学系に用いられる硝材の一部を透過率の低い硝材により形成し、液体中を透過する距離が長い光路の光線は、透過率の低い硝材内を透過する距離を短くし、液体中を透過する距離の短い光路の光線は、透過率の低い硝材内を透過する距離を長くしたものである。

#### 【0015】

このような構成の投影光学系では、同一起点から発せられた光線は異なる光路をたどったとしても、光の吸収量はほぼ同じとなり、同一強度の光がウエハ8上に到達するため結像性能に悪影響を与えることはない。

尚、光の透過率の低い硝材を用いることにより、光の吸収量の調整をしているが、投影光学系内のレンズとレンズの空間に光を吸収する気体例えば、一部大気を導入することにより、同様の効果を望むことも可能である。しかし、このような気体がレンズ面の曇の原因

になること、気体の揺らぎにより、かえって結像性能を劣化させ、この解決方法も見当らないことにより、気体により透過率を調整する方法は妥当な解決方法ではない。

【0016】

上記のように光を吸収するレンズとして用いることができるものは投影光学系内でも限定され、光路に関係なく吸収量を全く同一にすることは困難であるが、この値が0.8から1.25の範囲内にあれば、結像性能に殆ど影響を与えることはない。即ち、この範囲外の場合には、光路により光の吸収量が異なり、著しく結像性能を劣化させてしまうが、この範囲内であれば光路による光の吸収量の差は少なく、結像性能を劣化させることはない。

【0017】

本発明に基づく具体的な第1実施例を説明する。

第1実施例は図3の構成に基づくもので、表1のレンズデータを有した投影光学系である。ここで、 $r$ は曲率半径、 $d$ は中心厚・面間隔、 $n$ は屈折率を示す。

【0018】

【表1】

面番号	r	d	n	
	(レチクル面)	49.956		
1	-2113.365	30.056	1.5603261	(G 1)
2	191.570	51.170		
3	-98.883	49.499	1.5603261	(G 2)
4	-242.428	1.000		
5	-1056.416	55.595	1.5603261	(G 3)
6	-197.623	1.000		
7	2130.685	55.000	1.5603261	(G 4)
8	-354.764	1.000		
9	439.256	41.177	1.5603261	(G 5)
10	-31743139.730	1.000		
11	195.939	55.000	1.5603261	(G6)
12	505.915	1.000		
13	202.048	50.000	1.5603261	(G7)
14	428.286	12.620		
15	1127.024	16.950	1.5603261	(G8)
16	108.401	53.860		
17	-230.207	14.000	1.5603261	(G9)
18	159.817	22.364		
19	41485.316	14.000	1.5603261	(G10)
20	150.404	29.953		
21	-595.307	21.186	1.5603261	(G11)
22	-10431.787	1.000		
23	1842.533	29.331	1.5603261	(G12)
24	1054.156	10.706		
25	3614.079	45.838	1.5603261	(G13)
26	-270.339	1.000		
27	6522.924	51.645	1.5603261	(G14)

10

20

30

40



28	-308.688	1.000		
29	-535.467	25.000	1.5603261	(G15)
30	-350.000	1.000		
31	284.461	33.910	1.5603261	(G16)
32	263.629	108.995		
33	-440.000	39.114	1.5603261	(G17)
34	-313.296	1.000		
35	-5213.708	35.000	1.5603261	(G18)
36	-514.127	1.000		
37	270.922	45.673	1.5603261	(G19)
38	879.781	1.000		
39	175.937	51.275	1.5603261	(G20)
40	396.652	1.000		
41	142.758	33.298	1.5603261	(G21)
42	189.766	1.000		
43	140.839	43.610	1.5014548	(G22)
44	230.414	5.123		
45	244.359	49.980	1.5014548	(G23)
46	52.057	5.124	1.4700000	

10

20

この投影露光装置による最大像高Yは、当該投影露光装置固有の値であり、13.73mmである。又、最も基板側のレンズ面の曲率半径(G23-R2)は、52.057mmである。よって、R/Yの値は、3.791となる。

また、この投影露光装置において用いられる液浸用液体1cmあたりの光の透過率T1は、0.90であり、液体中の光路のうち短いものの距離U1は、0.356cmであり、長いものの距離L1は、0.598cmである。又、投影光学系内の吸収率の高いレンズ硝材1cmあたりの光の透過率T2は、0.98であり、U1の光路を投影光学系内でたどる光線の当該レンズ内を透過する光路の距離U2は、5.049cm、L1の光路を投影光学系内でたどる光線の当該レンズ内を透過する光路の距離L2は、2.505cmである。このU2、L2の値はL1、L1の投影光学系内の光路を計算することにより求めることができる。よって、 $\{1 - (T1^{U1}) * (T2^{U2})\} / \{1 - (T1^{L1}) * (T2^{L2})\}$ の値は、1.212となり、結像性能に悪影響を与えることはない。

40

ここで、比較として、このような吸収率の高いレンズを入れない場合、即ち、前記において吸収率の高いとされたレンズが他のレンズと同様に光をほとんど吸収せず透過する場合、近似的にT2を1と考えることができるため、 $\{1 - (T1^{U1}) * (T2^{U2})\} / \{1 - (T1^{L1}) * (T2^{L2})\}$ の値は、0.603となり、光の強度差が大きく、結像性能に悪影響を与える。

#### 【0019】

本発明に基づく具体的な第2実施例を説明する。

第2実施例は図4の構成に基づくもので、表2のレンズデータを有した投影光学系である。

50

【0020】

【表2】

面番号	r	d	n	
	(レチクル面)	39.250		
1	-1952.055	14.000	1.5603261	(G1)
2	214.290	25.428		
3	-279.549	14.000	1.5603261	(G2)
4	-306.884	17.642		10
5	-144.465	14.000	1.5603261	(G3)
6	-1466.044	13.735		
7	-333.655	34.553	1.5603261	(G4)
8	-197.862	1.000		
9	-437.401	35.848	1.5603261	(G5)
10	-224.324	1.000		
11	-634.844	34.723	1.5603261	(G6)
12	-295.224	7.695		20
13	-385.107	43.850	1.5603261	(G7)
14	-225.285	1.000		
15	325.746	42.376	1.5603261	(G8)
16	1393.487	1.000		
17	211.121	36.427	1.5603261	(G9)
18	266.048	1.000		30
19	224.628	34.283	1.5603261	(G10)
20	899.037	3.611		
21	508.602	37.629	1.5603261	(G11)
22	-686.151	1.024		
23	-1642.631	21.674	1.5603261	(G12)
24	159.911	24.081		
25	20798.852	14.034	1.5603261	(G13)
26	112.057	57.664		40
27	-117.644	14.000	1.5603261	(G14)

28	203.989	24.923			
29	-581.515	14.000	1.5603261	(G15)	
30	1700.429	14.086			
31	9622.806	26.174	1.5603261	(G16)	
32	-412.386	1.000			
33	-456.850	16.579	1.5603261	(G17)	
34	-341.714	1.000			10
35	-13421.257	63.003	1.5603261	(G18)	
36	-184.961	20.322			
37	-156.319	15.526	1.5603261	(G19)	
38	-218.158	1.000			
39	691.950	39.252	1.5603261	(G20)	
40	-1211.637	126.354			
41	-3243.496	47.122	1.5603261	(G21)	20
42	-337.676	7.783			
43	-329.242	49.193	1.5603261	(G22)	
44	-601.828	1.000			
45	218.303	59.217	1.5603261	(G23)	
46	621.344	3.751			
47	201.108	45.707	1.5603261	(G24)	
48	453.538	1.033			30
49	144.841	41.746	1.5603261	(G25)	
50	262.016	1.091			
51	129.848	50.000	1.5014548	(G26)	
52	194.179	5.093			
53	200.245	43.000	1.5014548	(G27)	
54	42.186	10.000	1.4700000		

40

この投影露光装置による最大像高Yは、当該投影露光装置固有の値であり、13.73mmである。又、最も基板側のレンズ面の曲率半径(G27-R2)は、42.186mmである。よって、R/Yの値は、3.073となる。

また、この投影露光装置において用いられる液浸用液体1cmあたりの光の透過率T1は、0.90であり、液体中の光路のうち短いものの距離U1は、0.764cmであり、長いものの距離L1は、1.377cmである。又、投影光学系内の吸収率の高いレンズ硝材1cmあたりの光の透過率T2は、0.98であり、計算によりU1の光路を投影光学系内でたどる光線の当該レンズ内を透過する光路の距離U2は、4.315cm、L1の光路を投影光学系内でたどる光線の当該レンズ内を透過する光路の距離L2は、1.146cmである。

50

よって、 $\{1 - (T_1 \wedge U_1) * (T_2 \wedge U_2)\} / \{1 - (T_1 \wedge L_1) * (T_2 \wedge L_2)\}$  の値は、0.997となり、結像性能に悪影響を与えることはない。

【0021】

ここで、比較として、このような吸収率の高いレンズを入れない場合、即ち、前記において吸収率の高いとされたレンズが他のレンズと同様に光をほとんど吸収せず透過する場合、近似的に $T_2$ を1と考えることができるため、 $\{1 - (T_1 \wedge U_1) * (T_2 \wedge U_2)\} / \{1 - (T_1 \wedge L_1) * (T_2 \wedge L_2)\}$  の値は、0.573となり、光の強度差が大きく結像性能に悪影響を与える。

【0022】

【発明の効果】本発明では、液浸の露光装置であっても収差や結像性能を劣化させることなく結像可能な投影露光装置を提供することができる。

特に、液浸に用いる液体が光を吸収する場合には、結像性能の劣化を回避することができる、所望の微細パターンを正確に焼き付けることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】は、液浸投影露光装置の概要図である。

【図2】は、液浸投影露光装置のうち、液浸となる部分の構成図である。

【図3】は、本発明の第1実施例による投影露光装置の光学系の構成図である。

【図4】は、本発明の第2実施例による投影露光装置の光学系の構成図である。

【符号の説明】

- 1・・・光源
- 2・・・照明光学系
- 3・・・レチクル
- 4・・・レチクルステージ
- 5・・・投影光学系
- 6・・・液体遮断板
- 7・・・ウエハステージ
- 8・・・ウエハ
- 8a・・・像面
- 9・・・投影光学系の最もウエハ側のレンズ
- A・・・光線
- B・・・液体

20

30



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第7部門第2区分  
 【発行日】平成20年1月31日(2008.1.31)

【公開番号】特開2004-335746(P2004-335746A)  
 【公開日】平成16年11月25日(2004.11.25)  
 【年通号数】公開・登録公報2004-046  
 【出願番号】特願2003-129780(P2003-129780)  
 【国際特許分類】

H 0 1 L 21/027 (2006.01)  
 G 0 2 B 13/24 (2006.01)  
 G 0 3 F 7/20 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 21/30 5 1 5 D  
 G 0 2 B 13/24  
 G 0 3 F 7/20 5 2 1

【手続補正書】

【提出日】平成19年12月11日(2007.12.11)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

原版上に描画されたパターンを基板の感光面に転写する投影光学系であって、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間の空間に、所定の液体を挿入可能な投影光学系において、

前記投影光学系に用いられる硝材の全部或いは一部を光吸収のある硝材により形成し、前記液体中を透過する光線の一つが前記光吸収のある硝材内を透過する距離を前記一つの光線よりも前記液体中を透過する距離の長い他の光線が前記光吸収のある硝材内を透過する距離よりも、短くしたことを特徴とする投影光学系。

【請求項2】

前記基板の感光面に投影される最大像高となる位置に像を結像するための光路のうち、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間における光路長の最も短い光路が、前記原版から前記基板までの間にたどる投影光学系内の光路における光の吸収率を $K_U$ とし、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間における光路長の最も長い光路が、前記原版から前記基板までの間にたどる投影光学系内の光路における吸収率を $K_L$ とした場合、

$$0.8 < K_U / K_L < 1.25$$

を満たすことを特徴とする請求項1に記載の投影光学系。

【請求項3】

前記空間内に浸される液体媒体の単位あたりの透過率を $T_1$ とし、前記基板の感光面に投影される最大像高となる位置に像を結像するための光路のうち、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間における光路長が、最も短い光路の距離を $U_1$ とし、最も長い光路の距離を $L_1$ とし、投影光学系内の光吸収のある硝材の単位あたりの透過率を $T_2$ とし、前記最も短い光路の距離 $U_1$ をたどる光線が前記硝材内を通過する長さを $U_2$ とし、前記最も長い光路の距離 $L_1$ をたどる光線が前記硝材内を通過する長さを $L_2$ とした場合、べき乗を $\wedge$ で表すと、

0.  $8 < \{1 - (T1^{\wedge}U1) * (T2^{\wedge}U2)\} / \{1 - (T1^{\wedge}L1) * (T2^{\wedge}L2)\} < 1.25$   
を満たすことを特徴とする請求項2に記載の投影光学系。

【請求項4】

原版上に描画されたパターンを基板の感光面に転写する投影光学系であって、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間の空間に、所定の液体を挿入可能な投影光学系において、

前記投影光学系の最も基板側のレンズ面の曲率半径をRとし、前記基板の感光面に投影される最大像高をYとした場合に、

$$1 < R/Y < 7$$

を満たすことを特徴とする投影光学系。

【請求項5】

前記条件

$$1 < R/Y < 7$$

に代えて、

$$2 < R/Y < 7$$

を満たすことを特徴とする請求項4に記載の投影光学系。

【請求項6】

請求項1乃至5の何れか一項に記載の投影光学系を有し、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間の空間に所定の液体を挿入して原版上に描画されたパターンを基板の感光面に転写することを特徴とする投影露光装置。

【請求項7】

請求項6に記載の投影露光装置を用いて露光する方法において、前記原版を所定の露光光で照明する照明工程と、

前記投影光学系を介して前記原版のパターン像を前記基板の感光面に露光する露光工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、本発明の第1の態様では、原版上に描画されたパターンを基板の感光面に転写する投影光学系であって、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間の空間に、所定の液体を挿入可能な投影光学系において、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面の曲率半径をRとし、前記基板の感光面に投影される最大像高をYとした場合に、

$$1 < R/Y < 7$$

を満たすことを特徴とする。

ここで、液浸とは、投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記感光面との空間部分を液体で満たすことをいう。

また、最大像高Yは、感光面上において結像中心から最も離れた結像位置までの距離を示す。この最大像高は当該投影露光装置固有の値であり、収差等の悪影響を受けることなく結像可能な、結像中心からの最大の距離を意味する。このため、この値が小さくなりすぎると、一回の露光面積が狭くなり、生産効率を著しく低下させ、生産装置としての意義を失ってしまう。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【0008】

本発明の第2の態様は、原版上に描画されたパターンを基板の感光面に転写する投影光学系であって、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間の空間に、所定の液体を挿入可能な投影光学系において、前記投影光学系に用いられる硝材の全部或いは一部を光吸収のある硝材により形成し、前記液体中を透過する光線の一つが前記光吸収のある硝材内を透過する距離を前記一つの光線よりも前記液体中を透過する距離の長い他の光線が前記光吸収のある硝材内を透過する距離よりも、短くしたことを特徴とする。

これにより液浸用の液体が光を吸収する場合であっても、光路が相違した場合であっても各々の光線における光の吸収量を近づけることができ、基板の感光面上での結像性能の劣化を回避することができる。

## 【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【0009】

本発明の第3の態様は、原版上に描画されたパターンを基板の感光面に転写する投影光学系であって、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間の空間に、所定の液体を挿入可能な投影光学系において、前記基板の感光面に投影される最大像高となる位置に像を結像するための光路のうち、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間における光路長の最も短い光路が、前記原版から前記基板までの間にたどる投影光学系内の光路における光の吸収率をKUとし、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間における光路長の最も長い光路が、前記原版から前記基板までの間にたどる投影光学系内の光路における吸収率をKLとした場合、前記投影光学系に用いられる硝材の全部或いは一部を光吸収のある硝材により形成し、前記液体中を透過する距離の短い光路をたどる光線が、前記光吸収のある硝材内を透過する距離を長くし、前記液体中を透過する距離が長い光路をたどる光線が、前記光吸収のある硝材内を透過する距離を短くすることにより、

$$0.8 < KU / KL < 1.25$$

を満たすことを特徴とする。

## 【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【0010】

本発明の第4の態様は、上記第3の態様において、前記空間内に浸される液体媒体の単位あたりの透過率をT1とし、前記感光面に投影される最大像高となる位置に像を結像するための光路のうち、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記感光面との間における光路長が、最も短い光路の距離をU1とし、最も長い光路の距離をL1とし、投影光学系内の光吸収のある硝材の単位あたりの透過率をT2とし、前記最も短い光路の距離U1をたどる光線が前記硝材内を通過する長さをU2とし、前記最も長い光路の距離L1をたどる光線が前記硝材内を通過する長さをL2とした場合、

$$0.8 < \{1 - (T1^{U1}) * (T2^{U2})\} / \{1 - (T1^{L1}) * (T2^{L2})\} < 1.25$$

を満たすことを特徴とする。

ここで、\*は積を意味し、^はべき乗を意味しており、(T1^U1)は、T1のU1乗という意味である。

## 【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書



【補正対象項目名】 0 0 1 1

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 1 1 】

本発明の第5の態様は、上記第1乃至第5の何れかの態様にかかる投影光学系を有する投影露光装置であって、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記基板の感光面との間の空間に所定の液体を挿入して原版上に描画されたパターンを基板の感光面に転写することを特徴とする。

さらに、本発明の第6の態様は、上記第5の態様にかかる投影露光装置を用いて露光する方法において、原版を所定の露光光で照明する照明工程と、投影光学系5を介して原版のパターン像を基板の感光面に露光する露光工程とを含むことを特徴とする露光方法である。

【手続補正7】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 2 2

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 2 2 】

【発明の効果】 本発明では、液浸の露光装置であっても収差や結像性能を劣化させることなく結像可能とすることができる。

特に、液浸に用いる液体が光を吸収する場合には、結像性能の劣化を回避することができる。き、所望の微細パターンを正確に焼き付けることができる。